



2025 | 16-20
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1566

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





SIMANFOR: herramienta renovada para la toma de decisiones forestales en el siglo XXI

BRAVO, F. (1), ORDÓÑEZ, C. (1), VÁZQUEZ-VELOSO, A. (1) y MICHALAKOPOULOS, S. (1)

(1) SMART Ecosystems Group. Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (iuFOR), ETS Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Avda. de Madrid 57, 34004 Palencia, Spain

Resumen

SIMANFOR es una plataforma de simulación de gestión forestal que ha experimentado un desarrollo significativo en los últimos tres años. Tanto el simulador como el sitio web han sido completamente rediseñados y reescritos. En la nueva versión del simulador destaca la incorporación de nuevos modelos (árbol individual y masa, incluyendo masas mixtas y modelos sensibles al clima), parametrizaciones para nuevas especies tanto de España como de otros países, y estimación de un mayor abanico de servicios ecosistémicos (carbono, productos no maderables, biodiversidad...). Este nuevo simulador, implementado en Python, puede ejecutarse a través del sitio web basado en la nube o como una aplicación de línea de comandos. El sitio web, desarrollado con marcos modernos de Javascript (Angular, Node y Express), ofrece una experiencia de usuario optimizada y ha sido diseñado para ser fácilmente extensible y más robusto. La guía para los usuarios, tanto escrita como en formato de vídeo, ha sido renovada para facilitar el uso de SIMANFOR y mejorar la experiencia de los nuevos usuarios con la plataforma. SIMANFOR sigue siendo una herramienta de uso habitual en los ámbitos profesional, educativo y en investigación, y continúa en constante evolución para respaldar la toma de decisiones en la gestión forestal sostenible y eficiente.

Palabras clave

Simulación, silvicultura, servicios ecosistémicos, computación en la nube, modelización forestal

1. Introducción

SIMANFOR es un servicio de simulación de gestión forestal basado en la nube y funciona como sistema de apoyo a la toma de decisiones, permitiendo simular una gran variedad de alternativas de gestión forestal. SIMANFOR tiene una larga trayectoria y ha experimentado una gran evolución desde sus inicios. Aunque la idea detrás de SIMANFOR ha sido concebida con anterioridad, la primera versión del simulador se desarrolló en 2009 utilizando el lenguaje de programación C# en .NET (BRAVO et al., 2009), estando disponible de manera online desde sus inicios (BRAVO et al., 2012). Esta versión original tenía cargada la arquitectura del modelo IBERO (BRAVO, 2005), diseñada para ejecutar modelos de crecimiento para árbol individual independientes de la distancia. Con el paso del tiempo, nuevas parametrizaciones se incorporaron a esta estructura y la arquitectura del modelo SILVES (DEL RÍO et al., 2005; DEL RÍO & MONTERO, 2011) fue también



implementada para poder ejecutar modelos de crecimiento a nivel de masa. Diferentes parametrizaciones y módulos para el cálculo de servicios ecosistémicos se fueron implementando en SIMANFOR a lo largo del tiempo, incluyendo variables de copa (LIZARRALDE et al., 2004), biomasa (RUIZ-PEINADO et al., 2011, 2012), carbono (MONTERO, 2005), y hongos (HERRERO et al., 2019; PERAL et al., 2017). Recientemente se han realizado actualizaciones que mejoran la experiencia de usuario y amplían las posibilidades de uso de SIMANFOR, las cuales se exponen a lo largo de este trabajo.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es promover una mayor difusión de SIMANFOR como una herramienta gratuita de apoyo a la toma de decisiones en gestión selvícola, así como mostrar las oportunidades que ofrece a la comunidad forestal mediante la simulación de alternativas de gestión forestal. Para ello, se describen brevemente su evolución y posibilidades, se presentan las nuevas funcionalidades incorporadas, los modelos recientemente implementados, y se exponen casos de estudio que demuestran su utilidad y potencial en diversos tópicos relacionados con la gestión forestal.

3. Metodología

SIMANFOR es una herramienta cuyo desarrollo comenzó hace más de 15 años (BRAVO et al., 2009). Desde entonces, ha tenido mejoras continuas a lo largo del tiempo (BRAVO et al., 2012, 2025; MICHALAKOPOULOS et al., 2023) y ha servido como base para el desarrollo de aplicaciones con funcionalidades adicionales que complementan sus posibilidades de uso, como TreeCollect para la toma de datos (BRAVO et al., 2017) y SMARTELO APP para la planificación de cortas *in situ* (RODRIGUEZ DE PRADO et al., 2018; VÁZQUEZ-VELOSO et al., 2023a). Actualmente se está trabajando en su conexión con ForestExplorer (VEGA-GORGOJO et al., 2022) para permitir un acceso y filtrado sencillo a datos depurados del Inventario Forestal Nacional (IFN) listos para usar como inicio de las simulaciones. Por otro lado, los nuevos modelos implementados en la plataforma cubren buena parte de las masas forestales puras y mixtas más relevantes de nuestro país. Mejoras adicionales como la depuración de su interfaz web y la documentación de apoyo en formato escrito y vídeo reducen la barrera de entrada para nuevos usuarios (ver anejo para más información).

4. Resultados

SIMANFOR mantiene su estructura original (BRAVO et al., 2009, 2012), aunque las diversas mejoras experimentadas a lo largo del tiempo han ampliado sus funcionalidades a la vez que mejoran la experiencia de usuario (más detalles en Bravo et al. (2025b)).

Mejoras de la plataforma

Visualmente, su interfaz ha sido depurada, modernizada y adaptada a las nuevas funcionalidades (ver Figura 1 y Figura 2).

Figura 1. Aspecto de la interfaz web de SIMANFOR en 2017, extraído de Bravo and Ordóñez (2017).

NOMBRE	AUTOR	INVENTARIO	CLASE DEL MODELO	ESTADO	ACCIONES
Calidades pinas	basic_user_01	Calidades_ppinas	PinusPinusAct1	FINISHED	Resultados Verificar Editar Borrar
Cálculo existen...	basic_user_01	existencias_2m...	BetulaBetas	FINISHED	Resultados Verificar Editar Borrar
BECOPS 3 parcel...	basic_user_01	iberops_3parcel...	BECOPS	FINISHED	Resultados Verificar Editar Borrar
BECOPS 2 parcel...	basic_user_01	iberops_2parcel...	BECOPS	FINISHED	Resultados Verificar Editar Borrar
Ppi1 + Ppi2	basic_user_01	mixtas_ppypin...	MixedModelEsp...	FINISHED	Resultados Verificar Editar Borrar
Ppi1 + Ppi2	basic_user_01	mixtas_ppypin...	MixedModelEsp...	FINISHED	Resultados Verificar Editar Borrar
Rebulla Cyl	basic_user_01	qpyrenaca_cyl	QuercusPyrenac...	FINISHED	Resultados Verificar Editar Borrar
Test RMP	basic_user_01	test_rmp	BECOPS	FINISHED	Resultados Verificar Editar Borrar
Test NATUR-SUAR...	basic_user_01	test_naturmort...	BECOPS	FINISHED	Resultados Verificar Editar Borrar

Figura 2. Aspecto actual (2025) de la interfaz web de SIMANFOR.

La gestión de inventarios se ha simplificado, pudiendo subir a la plataforma inventarios propios, seleccionar inventarios públicos (subidos por otros usuarios) o acceder al IFN para filtrar datos listos para utilizar en las simulaciones. La creación de escenarios selvícolas ha sido mejorada (Figura 3), permitiendo la edición de estos y el uso de tipos de corta con mayor detalle (cortas con árboles de porvenir orientadas a simular cortas selectivas, y cortas por especies, que permiten tener un mayor detalle en la gestión de masas mixtas) combinadas con las anteriormente disponibles (por lo bajo, por lo alto y sistemáticas).

Añadir nuevo escenario

X

Nombre
Escenario de ejemplo para el 9CFE

Ibero_ps (Cambiar)		IBEROPS original (Cambiar)
Proyección	de 25 a 30 años	▼
Proyección	de 30 a 35 años	▼
Corta	por sistemática del 25% del área basimétrica	▼
Proyección	de 35 a 40 años	▼
Proyección	de 40 a 45 años	▼
Proyección	de 45 a 50 años	▼
Proyección	de 50 a 55 años	▼
Corta	por lo bajo del 20% de la densidad de la masa	▼

Aceptar
Cancelar

Figura 3. Vista previa de la ventana actual de creación de escenario en SIMANFOR.

Los modelos y parametrizaciones implementadas en la plataforma han aumentado, abarcando una mayor cantidad de especies, localizaciones y casuísticas (masas puras y mixtas) (Tabla 1). Esto se ha hecho mediante la adaptación de la estructura del simulador a cada caso de estudio, dado que los flujos de cálculo y la filosofía de cada modelo es un tanto diferente. Por medio de estas mejoras, SIMANFOR proporciona apoyo a una mayor cantidad de casuísticas de estudio, como las detalladas en la siguiente sección. Además, esta herramienta se ha utilizado como base para el desarrollo de una metodología de validación conjunta de modelos (VÁZQUEZ-VELOSO et al., 2023b), puesto que es una tarea mucho menos común que la validación de modelos de manera individual.

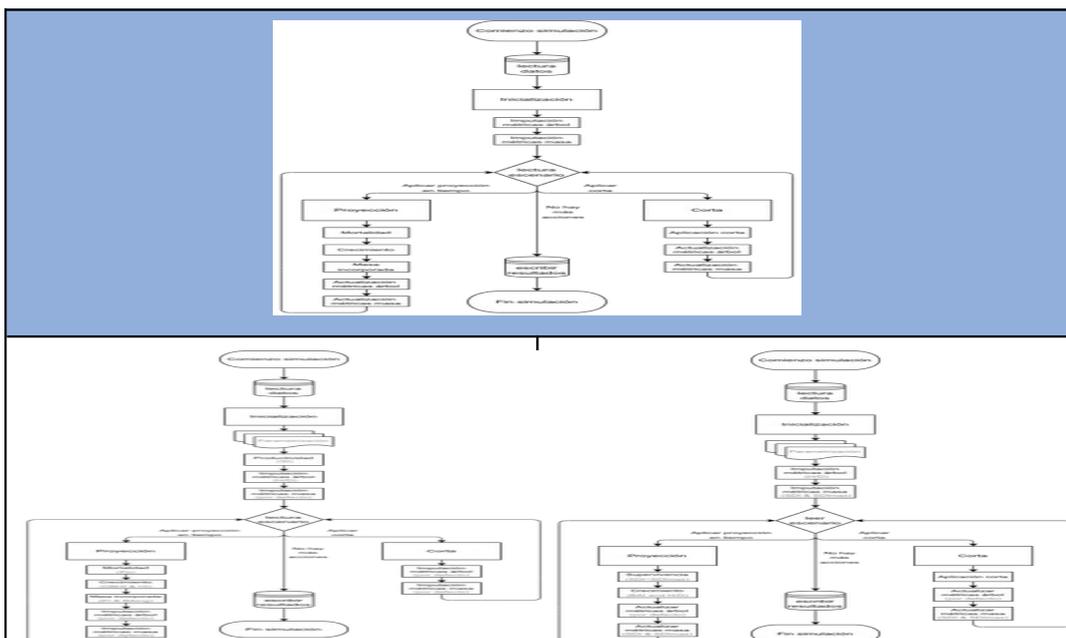




Figura 4. Diagrama de flujo original de SIMANFOR (arriba) y adaptaciones del mismo para la implementación del modelo IBERO (abajo-izquierda) desarrollado por Bravo (2005) y el modelo para masas mixtas de España (abajo-derecha) desarrollado por Rodríguez de Prado (2022).

Tabla 1. Recopilación de modelos disponibles en la página web de SIMANFOR. Las ecuaciones que componen cada modelo pueden consultarse en sus fichas, disponibles en la documentación (<https://github.com/simanfor/modelos>).

Nombre del modelo	Especies objetivo	Área de aplicación	Tipo de modelo
Masas mixtas de España	29 combinaciones de especies	España	árbol, dinámico
Phalepensis Aragón	<i>Pinus halepensis</i>	Aragón	árbol, dinámico
Phalepensis Cataluña y Aragón	<i>Pinus halepensis</i>	Cataluña y Aragón	árbol, dinámico
Pnigra Cataluña	<i>Pinus nigra</i>	Cataluña	árbol, dinámico
IBEROPT calibrado	<i>Pinus pinaster mesogeensis</i>	Sistema Ibérico Meridional	árbol, dinámico
IBEROPT original	<i>Pinus pinaster mesogeensis</i>	Sistema Ibérico Meridional	árbol, dinámico
PINEA Andalucía	<i>Pinus pinea</i>	Andalucía	árbol, dinámico
PINEA Cataluña	<i>Pinus pinea</i>	Cataluña	árbol, dinámico
PINEA Sistema Central	<i>Pinus pinea</i>	Sistema Central	árbol, dinámico
Pradiata Galicia	<i>Pinus radiata</i>	Galicia	árbol, dinámico
IBEROPS calibrado	<i>Pinus sylvestris</i>	Sistema Ibérico y Central	árbol, dinámico
IBEROPS original	<i>Pinus sylvestris</i>	Sistema Ibérico y Central	árbol, dinámico
Psylvestris Cataluña masas naturales	<i>Pinus sylvestris</i>	Cataluña (masas naturales)	árbol, dinámico
Psylvestris Cataluña plantaciones	<i>Pinus sylvestris</i>	Cataluña (plantaciones)	árbol, dinámico
Qpyrenaica Castilla y León	<i>Quercus pyrenaica</i>	Castilla y León	árbol, dinámico
Existencias España	todas (España)	España	árbol, estático
Bpubescens Galicia	<i>Betula pubescens</i>	Galicia	masa, dinámico
Cladanifer Zamora	<i>Cistus ladanifer</i>	Zamora	masa, dinámico
Pnigra Castilla y León	<i>Pinus nigra</i>	Castilla y León	masa, dinámico
Ppinaster atlantica Galicia costa	<i>Pinus pinaster atlantica</i>	Galicia costa	masa, dinámico
Ppinaster atlantica Galicia interior	<i>Pinus pinaster atlantica</i>	Galicia interior	masa, dinámico
Ppinaster mesogeensis Península Ibérica	<i>Pinus pinaster mesogeensis</i>	Península Ibérica	masa, dinámico
Pradiata Galicia	<i>Pinus radiata</i>	Galicia	masa, dinámico
Psylvestris Alto Valle del Ebro	<i>Pinus sylvestris</i>	Alto Valle del Ebro	masa, dinámico
Psylvestris Galicia	<i>Pinus sylvestris</i>	Galicia	masa, dinámico
Psylvestris Ucrania	<i>Pinus sylvestris</i>	Ucrania	masa, dinámico
SILVES - Psylvestris Madrid	<i>Pinus sylvestris</i>	Madrid	masa, dinámico
SILVES - Psylvestris Sistema Ibérico y S. Central	<i>Pinus sylvestris</i>	Sistema Ibérico y Central	masa, dinámico
Populus NE España	<i>Populus sp.</i>	Noreste España	masa, dinámico
Qpetraea Cordillera Cantábrica	<i>Quercus petraea</i>	Cordillera Cantábrica	masa, dinámico
Qrobur Galicia	<i>Quercus robur</i>	Galicia	masa, dinámico
Tgrandis México	<i>Tectona grandis</i>	México	masa, dinámico



Casos de estudio

SIMANFOR ha sido una plataforma fundamental para el desarrollo de casos de estudio de interés técnico y científico desde sus inicios. Propuestas de nuevos itinerarios selvícolas más productivos que los actuales (PASCUAL-ARRANZ, 2012), evaluaciones de alternativas para transformación del estado de la masa y gestión de masas irregulares (VÁZQUEZ-VELOSO et al., 2024a) y la comparativa de alternativas selvícolas para maximizar la producción de recursos no maderables (PERAL et al., 2017; VÁZQUEZ-VELOSO et al., 2022) y la fijación de carbono (MARTÍN ARIZA et al., 2017) han sido algunas de las temáticas abordadas utilizando este simulador. Además, su continuo desarrollo ha permitido apoyar los casos de estudio de interés más reciente. Es el caso de la gestión de masas mixtas, donde las simulaciones pueden, hasta cierto punto, dar apoyo en casos en donde hay una falta de resultados empíricos que abalen un determinado tipo de gestión (BRAVO & VÁZQUEZ-VELOSO, 2024). Utilizando estos modelos, Rodríguez de Prado et al. (2023b) proyectaron 100 años de crecimiento sobre masas mixtas y puras de *Pinus sylvestris* con 4 especies con las que forma masas mixtas (*P. pinaster*, *P. nigra*, *Fagus sylvatica* y *Quercus pyrenaica*). En este trabajo realizado a escala nacional se encontró, consistentemente para las 4 mezclas de especies, que estas masas son capaces de fijar más CO₂ atmosférico en los escenarios de clima futuro menos extremos. Además, las masas mixtas fueron capaces de secuestrar más CO₂ que sus respectivas puras, y se encontró que la biomasa acumulada en la parte aérea fue mayor en las mezclas de conífera y frondosa, mientras que las mezclas conífera y conífera acumularon mayor biomasa en la parte radical. Mientras que en este estudio se abarca el territorio nacional, estudios a menor escala pueden proporcionar un mayor nivel de detalle. (VÁZQUEZ-VELOSO et al., 2024b) estudiaron a nivel local los “trade-offs” que tienen lugar en masas de *P. sylvestris* y *P. pinaster* con distintos grados de mezcla en la producción de diversos servicios ecosistémicos (SEs). Encontraron que la provisión de SEs es dependiente del tipo de masa (pura o mixta) y el grado de mezcla, y que, mientras que algunos SEs no son compatibles como ya habían reportado otros autores (ORDÓÑEZ et al., 2024), considerar múltiples SEs objetivo en la gestión puede ayudar a mitigar los sacrificios hechos a través de la silvicultura. Además, los esfuerzos dedicados a mantener el grado de mezcla inicial de la masa resultaron ser menos importantes que el tipo de gestión aplicada. Otro estudio enfocado en masas mixtas de *Quercus pyrenaica* y *P. sylvestris* ha comparado en qué medida la silvicultura y el grado de mezcla de estas especies intervienen en la producción de madera de calidad y la fijación de carbono, determinando qué alternativa de gestión es la más recomendable en base a distintos objetivos de gestión (PORTO-RODRÍGUEZ et al., 2025).

5. Discusión

Aunque existen plataformas alternativas para la simulación de gestión forestal (p.e., SILVA (PRETZSCH et al., 2002), CAPSIS (DUFOR-KOWALSKI et al., 2012), ORGANON (HANN et al., 1995) o FVS (CROOKSTON & DIXON, 2005)), SIMANFOR cuenta con características que lo hacen especialmente interesante para los usuarios. La posibilidad de implementar nuevos modelos, como lo hace el simulador CAPSIS, otorga a SIMANFOR una ventaja frente a FVS y otras



alternativas más estáticas. La capacidad para integrar modelos y parametrizaciones para distintas especies y ubicaciones mejora aún más su usabilidad. Los servicios adicionales integrados en el simulador incluyen requisitos computacionales bajos, una interfaz web sencilla e intuitiva, acceso bajo demanda a servicios de computación de alto rendimiento (HPC, High Performance Computing), herramientas para el desarrollo y gestión de inventarios forestales, la posibilidad de simular múltiples parcelas simultáneamente, o la capacidad de incorporar y probar nuevos modelos, parametrizaciones o métricas según las necesidades de los usuarios finales.

Las capacidades y posibilidades de uso que ofrece SIMANFOR también han quedado patentes por medio de los estudios detallados anteriormente, pero su desarrollo sigue en marcha. Actualmente se están llevando a cabo nuevos proyectos para ofrecer una mejor experiencia y más herramientas a los usuarios de SIMANFOR. Prevemos que pronto los usuarios podrán visualizar los resultados de las simulaciones de manera gráfica y atractiva desde la web utilizando Shiny R (CHANG et al., 2015). De manera similar, estamos trabajando en empaquetar el simulador independiente en un microservicio basado en contenedores Docker (MERKEL, 2014), abriendo una nueva vía de uso para la misma herramienta. Desde el punto de vista del soporte al usuario, los manuales se actualizan constantemente, y la creación de vídeos introductorios al uso de la herramienta y mostrando sus novedades reduce el tiempo necesario para aprender a utilizar el simulador y proporciona una forma de consumo diferente a la tradicional. Desde el lado técnico, las futuras actualizaciones incluirán nuevas métricas que proporcionen más detalles sobre la gestión selvícola realizada por los usuarios, junto con nuevos modelos y parametrizaciones para diferentes especies y localizaciones. También se está trabajando en la implementación de métricas y modelos basados en LiDAR para ampliar la usabilidad del simulador.

6. Conclusiones

SIMANFOR sigue evolucionando para ofrecer a los usuarios nuevas mejoras y funcionalidades. SIMANFOR sigue siendo una plataforma abierta a la comunidad forestal internacional y se utiliza tanto para la formación de profesionales a distintos niveles, como para la gestión e investigación forestal. La posibilidad de trabajar con distintas especies y localizaciones, además del soporte en varios idiomas, ofrece un amplio abanico de posibilidades de uso. El desarrollo de SIMANFOR sigue en marcha y está abierto a la colaboración con la comunidad interesada en la gestión y la modelización de los sistemas forestales.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por ORDEN EDU/842/2022. Además, los siguientes proyectos han contribuido, de manera más reciente, al desarrollo de SIMANFOR:

- Los proyectos “CLU-2019-01 y CL-EI-2021-05 – iuFOR Institute Unit of Excellence” de la Universidad de Valladolid, financiado por la Junta de Castilla y León y FEDER, “Una manera de hacer Europa”.
- El proyecto "IMFLEX Proyecto PID2021-126275OB-C21 de investigación financiado por MCIN/AEI /10.13039/501100011033/ y por FEDER, Una



- manera de hacer Europa.”
- El proyecto “TED2021-130667B-I00 – Forestry Linked Open Data and applications”
- Y el proyecto “LIFE20 CCM/ES/001778 - LIFE+REB. *Quercus pyrenaica* forest management to obtain cascading use of timber products as a tool for mitigation in Castilla-Leon”

8. Bibliografía

- BRAVO, F.; 2005. Dinámica de rodales de pino negral (*Pinus pinaster* Ait.) en el Sistema Ibérico Meridional: Estructura genética, regeneración y dinámica forestal. *Informe final del proyecto AGL-2001-1780*.
- BRAVO, F.; CONEJO, R. G.; ORDÓÑEZ, A. C.; RUIZ, J. L. S.; 2017. TreeCollect. Aplicación móvil para la toma de datos forestales integrables en SIMANFOR. *Actas del 7o Congreso Forestal Español, Plasencia*.
<https://www.congresoforestal.es/fichero.php?t=41725&i=5688&m=2185>
- BRAVO, F.; ORDÓÑEZ, A. C.; 2017. SIMANFOR: Avances y nuevas funcionalidades. *Actas del 7o Congreso Forestal Español, Plasencia*.
<https://www.congresoforestal.es/fichero.php?t=41725&i=5638&m=2185>
- BRAVO, F.; ORDÓÑEZ, C.; VÁZQUEZ-VELOSO, A.; MICHALAKOPOULOS, S.; 2025. SIMANFOR cloud Decision Support System: Structure, content, and applications. *Ecological Modelling*, 499, 110912. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2024.110912>
- BRAVO, F.; RODRÍGUEZ, F.; ORDÓÑEZ, A. C.; CARTAGENA, M. B.; LIZARRALDE, I.; RÍO, M. D.; CALAMA, R.; VÁZQUEZ, J.; 2009. SIMANFOR: Herramienta libre para la simulación de sistemas selvícolas. *Actas del 5o Congreso Forestal Español, Ávila*.
<https://www.congresoforestal.es/fichero.php?t=41725&i=133&m=2185>
- BRAVO, F.; RODRIGUEZ, F.; ORDOÑEZ, C.; 2012. A web-based application to simulate alternatives for sustainable forest management: SIMANFOR; [SIMANFOR: Una aplicación web para simular alternativas de gestión forestal sostenible]. En *Forest Systems* (Vol. 21, Número 1, pp. 4-8). <https://doi.org/10.5424/fs/2112211-01953>
- BRAVO, F.; VÁZQUEZ-VELOSO, A.; 2024. Mixed forest model parameterization and integration into simulation platforms as a tool for decision-making processes [poster]. Scientific symposium: Promoting diversity in plant-based ecosystems as a tool for Ecosystem Services provision, Palencia (Spain).
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.27865.94564>
- CHANG, W.; CHENG, J.; ALLAIRE, J.; XIE, Y.; MCPHERSON, J.; 2015. Package ‘shiny’. See <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download>.
- CROOKSTON, N. L.; DIXON, G. E.; 2005. The forest vegetation simulator: A review of its structure, content, and applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 49(1), 60-80. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.02.003>
- DEL RÍO, M.; MONTERO, G.; 2011. Modelo de simulación de claras en masas de *Pinus sylvestris* L. Monografías INIA: Forestal n. 3.
- DEL RÍO, M.; ROIG, S.; CAÑELLAS, I.; MONTERO, G.; 2005. Programación de claras en repoblaciones de *Pinus sylvestris* L. Seguimiento de sitios de ensayo en la Comunidad de Madrid. *Monografías del INIA: Serie forestal 12*, 46 pp.
- DUFOUR-KOWALSKI, S.; COURBAUD, B.; DREYFUS, P.; MEREDIEU, C.; DE COLIGNY, F.; 2012. Capsis: an open software framework and community for forest growth modelling. *Annals of Forest Science*, 69(2), 221-233. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0140-9>
- HANN, D. W.; HESTER, A. S.; OLSEN, C. L.; 1995. ORGANON user’s manual: Edition 5.0. Department of Forest Resources, Oregon State University, Corvallis, Oregon.



127 p.

HERRERO, C.; BERRAONDO, I.; BRAVO, F.; PANDO, V.; ORDÓÑEZ, C.; OLAIZOLA, J.; MARTÍN-PINTO, P.; ORIA DE RUEDA, J.; 2019. Predicting Mushroom Productivity from Long-Term Field-Data Series in Mediterranean *Pinus pinaster* Ait. Forests in the Context of Climate Change. *Forests*, 10(3), 206. <https://doi.org/10.3390/f10030206>

LIZARRALDE, I.; ORDÓÑEZ, A.; BRAVO, F.; 2004. Desarrollo de ecuaciones de copa para *Pinus pinaster* Ait. en el Sistema Ibérico Meridional. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 18, 173-177.

MARTÍN ARIZA, A.; BRAVO, F.; ORDÓÑEZ, A. C.; 2017. Evaluación de alternativas selvícolas para el almacenamiento de carbono en los ecosistemas forestales de *Pinus nigra* Arnold. *Actas del 7o Congreso Forestal Español, Plasencia*.

<https://www.congresoforestal.es/fichero.php?t=41725&i=5806&m=2185>

MERKEL, D.; 2014. Docker: lightweight linux containers for consistent development and deployment. *Linux journal*, 2014(239), 2.

MICHALAKOPOULOS, S.; VÁZQUEZ-VELOSO, A.; ORDÓÑEZ, C.; BRAVO, F.; 2023.

SIMANFOR v.3.0. *XVIIth Young Researchers Meeting on Conservation and Sustainable use of Forest Systems*.

MONTERO, G.; 2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. G. Montero, R. Ruiz-Peinado, M. Muñoz (Eds.), Monografías INIA: Serie Forestal no. 13. <https://gregoriomontero.files.wordpress.com/2016/09/2005-01-monograf3ada-forestal-13-m-produccic3b3n-de-biomasa-y-fijacic3b3n-de-co2-por-los-bosques-espac3b1oles.pdf>

ORDÓÑEZ, C.; MAGUIRE, D. A.; PANDO, V.; BRAVO, F.; 2024. Stand structural effects on growth distribution and growth efficiency in Scots pine and Mediterranean pine in Spain. *European Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1007/s10342-024-01698-6>

PASCUAL-ARRANZ, A.; 2012. Elaboración de un nuevo modelo selvícola de gestión en el monte Pinar Grande (Soria). Universidad de Valladolid.

PERAL, B. D. L. P.; RUEDA, J. A. O. D.; ORDÓÑEZ, A. C.; BRAVO, F.; OLAIZOLA, J.; AZA, C. H. D.; 2017. Simulación de la productividad de setas bajo distintos escenarios selvícolas en la plataforma SIMANFOR. *Actas del 7o Congreso Forestal Español, Plasencia*. <https://www.congresoforestal.es/fichero.php?t=41725&i=5787&m=2185>

PORTO-RODRÍGUEZ, J. C.; VÁZQUEZ-VELOSO, A.; SÁNCHEZ-PELLICER, T.;

BLÁZQUEZ-CASADO, A.; BRAVO, F.; RUANO, I.; 2025. Impacto de la gestión forestal en la productividad de bosques mixtos de *Quercus pyrenaica* en Castilla y León [oral communication]. *9o Congreso Forestal Español. Gijón, España*.

PRETZSCH, H.; BIBER, P.; ĎURSKÝ, J.; 2002. The single tree-based stand simulator SILVA: Construction, application and evaluation. En *Forest Ecology and Management* (Vol. 162, Número 1, pp. 3-21). [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00047-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00047-6)

RODRÍGUEZ DE PRADO, D.; 2022. New insights in the modeling and simulation of tree and stand level variables in Mediterranean mixed forests in the present context of climate change [Universidad de Valladolid].

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/55195/TESIS-2015-220907pdf.pdf?sequence=1>

RODRIGUEZ DE PRADO, D.; BRAVO, F.; ORDÓÑEZ, C.; 2018. Smartelo, una herramienta informática para el cálculo, gestión y presentación de datos en parcelas forestales. *Actas del 7o Congreso Forestal Español, Plasencia*.

http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/19037/18761



- RODRÍGUEZ DE PRADO, D.; VÁZQUEZ VELOSO, A.; QUIAN, Y. F.; RUANO, I.; BRAVO, F.; HERRERO DE AZA, C.; 2023. Can mixed forests sequester more CO₂ than pure forests in future climate scenarios? A case study of *Pinus sylvestris* combinations in Spain. En *European Journal of Forest Research* (Vol. 142, Número 1, pp. 91-105). <https://doi.org/10.1007/s10342-022-01507-y>
- RUIZ-PEINADO, R.; DEL RÍO, M.; MONTERO, G.; 2011. New models for estimating the carbon sink capacity of Spanish softwood species. *Forest Systems*, 20(1), 176-188.
- RUIZ-PEINADO, R.; MONTERO, G.; DEL RIO, M.; 2012. Biomass models to estimate carbon stocks for hardwood tree species. *Forest Systems*, 21(1), 42. <https://doi.org/10.5424/fs/2112211-02193>
- VÁZQUEZ-VELOSO, A.; ALONSO, Á. C. O.; OVIEDO, F. B.; 2022. Simulación de la productividad de recursos no maderables (hongos y piñón) bajo diferentes escenarios selvícolas utilizando SIMANFOR. *8o Congreso Forestal Español (comunicación oral). Lleida, España*. <https://8cfe.congresoforestal.es/sites/default/files/actas/8CFE-1017.pdf>
- VÁZQUEZ-VELOSO, A.; MICHALAKOPOULOS, S.; ORDÓÑEZ, C.; BRAVO, F.; 2023a. SMARTELO app: an Android app to plan your harvests [poster]. *XVIIth Young Researchers Meeting on Conservation and Sustainable use of Forest Systems*. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.27928.06408>
- VÁZQUEZ-VELOSO, A.; ORDÓÑEZ, C.; BRAVO, F.; 2024a. Dealing with complex forests: application of silviculture guidelines to manage irregular *Quercus pyrenaica* stands. *Manuscript in preparation*.
- VÁZQUEZ-VELOSO, A.; PANDO, V.; ORDÓÑEZ, C.; BRAVO, F.; 2023b. Evaluation and validation of forest models: Insight from Mediterranean and Scots pine models in Spain. *Ecological Informatics*, 77, 102246. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102246>
- VÁZQUEZ-VELOSO, A.; RUANO, I.; BRAVO, F.; 2024b. Trade-offs and management strategies for ecosystem services in mixed Scots pine and Maritime pine forests. *European Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1007/s10342-024-01752-3>
- VEGA-GORGOJO, G.; ORDÓÑEZ, C.; GIMÉNEZ-GARCÍA, J. M.; BRAVO, F.; 2022. Exploring massive forestry open data with a web browser; [Explorando datos abiertos forestales masivos con un navegador web]. En *Ecosistemas* (Vol. 31, Número 3). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2452>

Anejo 1: recursos adicionales de SIMANFOR

SIMANFOR es una herramienta desarrollada por el Grupo SMART Ecosystems del iuFOR (Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible). SIMANFOR es un Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para la Simulación de Alternativas de Gestión Forestal Sostenible, disponible en su sitio web (www.simanfor.es), con información de soporte accesible en su repositorio de GitHub (<https://github.com/simanfor>) y en su lista de reproducción de YouTube (SIMANFOR: Sistema de apoyo para la simulación de alternativas de manejo forestal sostenible).

Para comenzar a usar SIMANFOR, es necesario completar una Solicitud de Registro (1), tras lo cual los administradores darán acceso a los nuevos usuarios proporcionando la información adicional necesaria para empezar a utilizar la plataforma. Una vez registrado, se puede acceder directamente a SIMANFOR iniciando sesión (2). SIMANFOR está disponible en diferentes idiomas (3); solo es



necesario seleccionar aquel con el que se sienta más cómodo. La Figura 5 muestra una captura de pantalla de su interfaz.



Figura 5. Vista previa de la ventana de inicio de www.simanfor.es y su *Solicitud de Registro* (1), *Inicio de Sesión* (2) y *Selección de Idioma* (3).

En su documentación encontrarás:

- Escenarios en SIMANFOR: repositorio con información relacionada con la creación de itinerarios selvícolas
- Introducción a SIMANFOR: repositorio con información para entender el funcionamiento de esta herramienta
- Inventarios en SIMANFOR: repositorio con información relacionada con la elaboración de inventarios forestales adaptados a SIMANFOR y algunos ejemplos
- Manual de uso de SIMANFOR: repositorio con el manual de usuario de SIMANFOR (español e inglés)
- Modelos en SIMANFOR: repositorio con información relacionada con los modelos SIMANFOR y fichas que describen los modelos ya disponibles en el simulador
- Publicaciones acerca de SIMANFOR: repositorio que muestra las publicaciones donde se utilizó este simulador
- Resultados de simulación en SIMANFOR: repositorio con información relacionada con los resultados de SIMANFOR y algunos ejemplos
- Web de SIMANFOR: repositorio con información sobre el sitio web de SIMANFOR y su funcionamiento

También tienes a tu disposición explicaciones en formato vídeo que te ayudarán a comprender mejor cómo funciona SIMANFOR y a dar tus primeros pasos con esta herramienta en: SIMANFOR: Sistema de apoyo para la simulación de alternativas de manejo forestal sostenible

Para cualquier duda o sugerencia puedes contactar con el equipo técnico de SIMANFOR en simanfor.forest@uva.es